

Línea de investigación: Sistemas Tutores Inteligentes orientados a la enseñanza para la comprensión

Zulma Cataldi, Cristina Donnamaría y Fernando J. Lage

zcataldi@posgrado.frba.utn.edu.ar, donna@iflysib.unlp.edu.ar, flage@fi.uba.ar

Escuela de Educación de Posgrado. Facultad Regional Buenos Aires Universidad Tecnológica Nacional.

LIEMA Laboratorio de Informática Educativa y Medios Audiovisuales. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires. Ciudad de Buenos Aires.

Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos (IFLYSIB) y Comisión de Investigaciones Científicas Provincia de BsAs. (CICPBA) La Plata.

CONTEXTO

En esta comunicación se da cuenta de los avances del Proyecto de investigación: *Modelado del tutor basado en redes neuronales para un Sistema Tutor Inteligente* Código 25/C099, correspondiente al Programa de Incentivos Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación. Está radicado en la Escuela de Posgrado (Carrera de Maestría en Ingeniería de Sistemas de Información) y en las Carreras de Licenciatura en Tecnología Educativa y en Ciencias Aplicadas de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires, en convenio con el Laboratorio de Informática Educativa y Medios Audiovisuales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires y se inscribe en el: *Programa “Electrónica, Informática y Telecomunicaciones”*.

RESUMEN

Un sistema tutor inteligente actúa como un tutor particular del estudiante, por lo que debe poseer libertad para actuar de acuerdo a las necesidades del estudiante. Por ese motivo se busca diseñar un sistema adaptable de acuerdo a los conocimientos previos y a la capacidad de evolución de cada estudiante y las concepciones epistemológicas que subyacen en las prácticas de enseñanza.

Palabras clave: *Sistemas tutores inteligentes, enseñanza para la comprensión.*

1. INTRODUCCION

Los sistemas tutores inteligentes (STI) comenzaron a desarrollarse en los años ochenta con la idea de poder impartir el conocimiento usando alguna de inteligencia para poder asistir y guiar al estudiante en su proceso de aprendizaje. Se buscó emular el comportamiento de un tutor humano, es decir a través de un sistema que pudiera adaptarse al comportamiento del estudiante, identificando la forma en que el mismo resuelve un problema a fin de poder brindarle ayudas cognitivas cuando lo requiera.

Un tutor inteligente, por lo tanto: *“es un sistema de software que utiliza técnicas de inteligencia artificial (IA) para representar el conocimiento e interactúa con los estudiantes para enseñárselo”*. Son *“sistemas que modelan la enseñanza, el aprendizaje, la comunicación y el dominio del conocimiento del especialista y el entendimiento del estudiante sobre ese dominio”*. (VanLehn, 1988). (Wolf, 1984) e incorporan *“técnicas de IA (Inteligencia Artificial) a fin de crear un ambiente que considere los diversos estilos cognitivos de los alumnos que utilizan el programa”* (Giraffa, 1997).

En los 90, los avances de la psicología cognitiva, las neurociencias y los nuevos paradigmas de programación, han permitido la evolución de los STI desde una propuesta instructiva conductista inicial hacia entornos de descubrimiento y experimentación del nuevo conocimiento (Bruner, 1991; Perkins, 1995, Pozo; 1998) desde la pedagogía de la comprensión (Perkins, 1995 Stone Wiske, 2007, 2008). Las dificultades de representación se centran en la identificación de los diferentes estadios evolutivos del estudiante y en el reconocimiento de los preconceitos o concepciones erróneas. Así, las teorías ingenuas o intuitivas, se basan en ideas que en general no coinciden con las explicaciones científicas. Gardner (2000) dice que para remover estas concepciones *“sólo una investigación en profundidad pondrá en evidencia los defectos de esas ideas falsas iniciales, y solo una exploración a fondo de estos temas, bajo la supervisión de alguien capaz de pensar de manera disciplinaria, puede fomentar el desarrollo de una comprensión más sofisticada”*.

“Algunas propuestas recientes para promover el cambio conceptual, (...) están dirigiéndose hacia una instrucción basada en la contrastación de modelos o teorías alternativas por parte del aprendiz con el fin de reestructurar su conocimiento. La idea es que el cambio conceptual está más vinculado a la diferenciación y reorganización de las posiciones teóricas que a la existencia de datos empíricos a favor o en contra” (Pozo, 1998).

Se ha observado que la mayor parte de los STI no presentan el nivel esperado de *“inteligencia”* debido

a la dificultad para el modelado del funcionamiento de la mente humana, más allá de la aplicación de las técnicas de programación más avanzadas. La orientación actual de las investigaciones se centra en proveer una alternativa al tutor humano, cuando no puede dedicar más tiempo a sus estudiantes y para los estudiantes que buscan aprender en forma más autónoma.

Un STI actúa como un tutor particular del estudiante ya que como un entrenador humano, posee libertad para actuar de acuerdo a las necesidades más complejas del estudiante. Los STI aún no proveen de un modo de aprendizaje lo suficientemente adaptables de acuerdo a los conocimientos previos y a la capacidad de evolución de cada estudiante y las concepciones epistemológicas que subyacen en las prácticas de enseñanza.

2. LINEAS DE INVESTIGACION y DESARROLLO

Los STI permiten la emulación de un tutor humano para determinar *qué enseñar, cómo enseñar y a quién enseñar* a través de un *módulo del dominio*: que define el dominio del conocimiento (ver Figura 1), un *módulo del estudiante*: que es capaz de definir el conocimiento del estudiante en cada punto durante la sesión de trabajo, un *módulo del tutor*: que genera las interacciones de aprendizaje basadas en las discrepancias entre el especialista y el estudiante y finalmente *la interface* con el usuario: que permite la interacción del estudiante con un STI de una manera eficiente (conocimiento sobre *cómo presentar* los contenidos). Para la interface se siguen los principios del diseño, implementación y evaluación de sistemas computacionales interactivos para su utilización por seres humanos (HCI: Human Computer Interaction), es decir que estudian y buscan de poner en práctica procesos orientados a la construcción de interfaces siguiendo el criterio de usabilidad, es decir con alto grado de facilidad en el uso del sistema interactivo de acuerdo al estándar ISO 92401 de requisitos ergonómicos para el trabajo de oficina con terminales visuales y normas asociadas. Se basan en aplicación de las leyes gestálticas que están relacionadas con los criterios de Smith y Mosier (1992) y las normas ISO 9241 (1998) y 11064 (2000) para el diseño de interfaces y ergonomía.

En 1912 Wertheimer, y luego Kohler, Koffka y Lewin, inicia en Alemania una concepción opuesta al asociacionismo denominada Gestalt. Las ideas de este movimiento se centran en la unidad mínima de análisis la estructura o la globalidad con significado propio (Gestalt) rechazando la concepción atomista del conocimiento en el que este es una suma de partes preexistentes. La Gestalt se preocupa de los problemas perceptuales, en cambio el cognitivismo conductista elabora a partir de ellos una teoría

psicológica completa incluyendo los posibles conocimientos. El conocimiento es una síntesis de la forma y contenido recibido por las percepciones, las cuales son relativas, individuales e influidas por la historia, actitud y motivación del individuo. Tiene raíces filosóficas con conceptos como: *contemporaneidad, interacción simultánea y mutua con el ambiente, relatividad de la percepción e intencionalidad de la conducta*.

A través de la interacción entre los módulos básicos, los STI son capaces de determinar lo que sabe el estudiante y cómo va en su progreso, por lo que la enseñanza, se puede ajustar según las necesidades del estudiante, sin la presencia de un tutor humano.

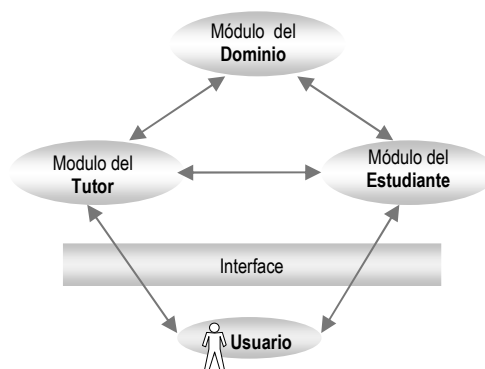


Figura 1: Interacción de los Módulos de un Sistema Tutor inteligente.

El *Modulo Tutor* del STI es quien define y aplica una estrategia pedagógica de enseñanza, contiene los objetivos a ser alcanzados y los planes utilizados para alcanzarlos. Selecciona los problemas, monitorea el desempeño, provee asistencia y selecciona el material de aprendizaje para el estudiante. Integra el conocimiento acerca del método de enseñanza, las técnicas didácticas y del dominio a ser enseñado (ver Figura 2).

Consta de: a) *Protocolos Pedagógicos*: almacenados en una base de datos, con un gestor para la misma, b) *Planificador de Lección*: que organiza los contenidos de la misma y c) *Analizador de Perfil*: analiza las características del alumno, seleccionando la estrategia pedagógica más conveniente.

El *Módulo Estudiante* del STI tiene por objetivo realizar el diagnóstico cognitivo del alumno, y el modelado del mismo para una adecuada retroalimentación del sistema.

Para el módulo estudiante se han planteado los siguientes submódulos (los datos se almacenan en una base de datos del estudiante a través del uso de un gestor) (ver Figura 2):

a) *Estilos de aprendizaje*: Está compuesto por una base de datos con los estilos de aprendizajes disponibles en el sistema, los métodos de selección de estilos y las características de cada uno de ellos.

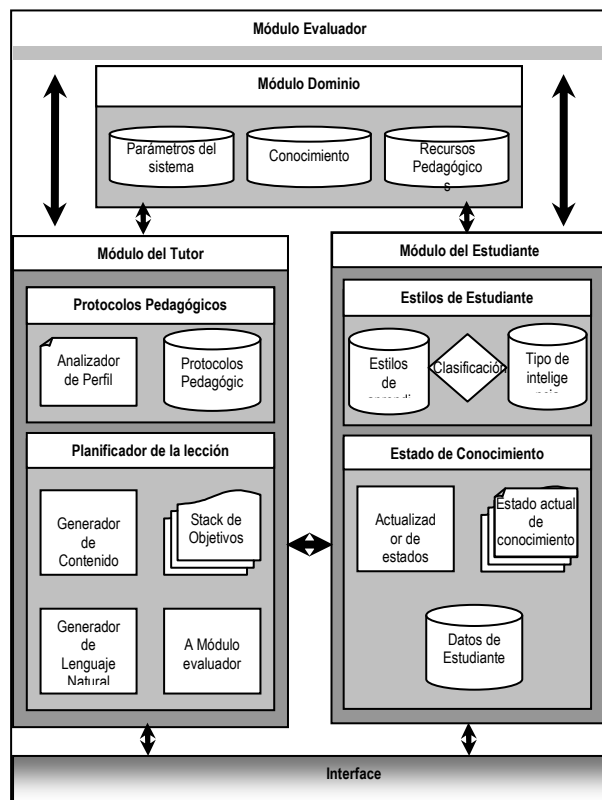


Figura 2: Esquema de un STI con sus módulos principales

Un estilo de aprendizaje es la forma de clasificar el comportamiento de un estudiante de acuerdo a la manera en que toma la información, forma las estrategias para aprender, cómo entiende y cómo le gusta analizar la información que está utilizando para acceder a un conocimiento determinado. En otras palabras, es una forma agrupar o clasificar un estudiante de acuerdo a un perfil en relación con la información, ya que este estilo evoluciona y cambia de acuerdo a las variables de entorno y ambientales que afectan al estudiante.

b) *Estado de conocimientos:* Contiene el mapa de conocimientos obtenido inicialmente a partir del módulo del dominio y que el actualizador de conocimientos irá modificando progresivamente a través de los resultados obtenidos en las evaluaciones efectuadas por el módulo del tutor quien le enviará dichos resultados procesados y

c) *Perfil psico-sociológico del estudiante:* Para determinar el perfil psico-sociológico se usa la Teoría de las Inteligencias Múltiples de Gardner (1993, 2001) quien señala no existe una inteligencia única en el ser humano, sino una diversidad de inteligencias que evidencian las potencialidades y aspectos más significativos de cada individuo, en función de sus fortalezas y debilidades para la expansión de la inteligencia. Señala que las inteligencias trabajan juntas para: a) *resolver problemas cotidianos*, b) *crear productos* o c) *para ofrecer servicios dentro del propio ámbito cultural*.

El *Módulo Dominio* tiene el objetivo global de almacenar todos los conocimientos dependientes e independientes del campo de aplicación del STI (ver Figura 2).

Entre sus submódulos están los siguientes: a) *Parámetros Básicos del Sistema:* los cuales se almacenan en una base de datos, b) *Conocimientos:* son los contenidos que deben cargarse en el sistema, a través de los conceptos, las preguntas, los ejercicios, los problemas y las relaciones, c) *Elementos Didácticos:* Son las imágenes, videos, sonidos, es decir material multimedia que se requiere para facilitarle al alumno apropiarse de conocimiento en la sesión pedagógica. Los temas relacionados con el almacenamiento de conocimiento han sido tratados ampliamente por (Russell y Norvig, 2003; Genesereth and Nilsson, 2001).

El problema que da lugar a esta investigación se centra entonces en que los STI, en general no proveen de un modo de aprendizaje que se pueda ajustar a los conocimientos previos, a la capacidad de evolución de cada estudiante (Millán *et al.*, 2000) y a las concepciones epistemológicas que subyacen en las prácticas de enseñanza.

Por otra parte, cada estudiante debería poder elegir las características del procedimiento aplicado por el tutor de acuerdo a sus preferencias, entre los diferentes métodos que éste utilice: instruccional, orientador, socrático u otros (Perkins, 1995), y si lo deseara debería poder cambiarlo de acuerdo a sus propios requerimientos.

3. Aplicaciones de Sistemas Inteligentes

En el contexto de los sistemas inteligentes se encuentran las redes neuronales, que son interconexiones masivas en paralelo de elementos simples y que responden a una cierta jerarquía intentando interactuar con los objetos reales tal como lo haría un sistema neuronal psicológico (Kohonen, 1988, 1998, 2001). Las redes neuronales poseen la característica de asimilar conocimiento en base a las experiencias mediante la generalización de casos, que las convierte en una herramienta interesante en el desarrollo de los modelos de la presente investigación (Haykin, 1999; Nilsson, 2001).

Por ejemplo, para efectuar la predicción del rendimiento académico, se puede usar una red neuronal de tipo backpropagation tomando como datos de entrada los resultados de las evaluaciones parciales desagregados en dos formas. a) tomando el caso de resolución por ejercicios y b) tomando ejercicios en función de los logros cognitivos, usando datos provenientes de las evaluaciones parciales de los estudiantes a fin de poder predecir futuros rendimientos.

Las redes bayesianas son herramientas estadísticas orientadas a la inferencia probabilística y en el

ámbito de la tutorización electrónica se pueden utilizar para modelar la incertidumbre asociada al estudiante y su nivel de conocimientos. Los algoritmos genéticos, se fundamentan en el concepto biológico de la evolución natural y son utilizados en procesos de optimización (Davis, 1991; Falkenauer, 1999). Se fundamentan en los mecanismos de la selección natural, por los que sólo sobreviven los individuos más aptos, luego de la interacción entre los mismos, pertenecientes a una población de posibles soluciones.

La minería de datos se centra en la búsqueda de patrones sugerentes y regularidades importantes en grandes bases de datos, denominado conocimiento cualitativo. La minería se puede aplicar con métodos de sistemas inteligentes y otros métodos asociados, para descubrir y detallar patrones presentes en los datos. Se pueden obtener agrupaciones en un conjunto de datos, sin tener relaciones o clases predefinidas, basándose en la similitud de los valores de los atributos de los distintos datos. La minería de datos se puede aplicar incluyendo algoritmos de inducción, algoritmos genéticos, redes neuronales y redes bayesianas; de acuerdo al problema a resolver.

Perspectiva de los STI y la enseñanza para la comprensión

La intención de esta investigación es la de proporcionar las bases para un sistema que pueda emular a un tutor humano, con un enfoque orientado hacia la psicología cognitiva, es decir, teniendo en cuenta como señala Perkins (1995), los estilos más apropiados de enseñanza tales como la instrucción didáctica, el entrenamiento y la enseñanza socrática que son compatibles con su *“Teoría Uno”*.

Los nuevos desarrollos de los STI, se deben caracterizan por la inclusión de experiencia adicional basada en el entorno de aprendizaje del estudiante y en los métodos y técnicas de enseñanza. Esto permitirá sistemas más flexibles, adaptados a los intereses del estudiante y con métodos pedagógicos que faciliten el proceso de aprendizaje a través de ayuda cognitivas.

Los STI son un intento para proveer de nuevas oportunidades a los estudiantes permitiéndoles desarrollar procesos mentales de índole superior tales como la resolución de problemas (Vigotsky, 1978). De este modo podrían aportar una nueva perspectiva a los sistemas educativos que no proveen de oportunidades de enseñanza diferentes para los estudiantes con necesidades diferentes. Estas nuevas formas de interacción posibilitarán a los estudiantes adentrarse en una de las condiciones esenciales de la educación continua permitiendo la relación de sus aprendizaje con los problemas de la vida real. Por otra parte, se pueden concebir tutores que trabajen para eliminar paulatinamente los conceptos erróneos (misconceptions) a fin de poder reelaborar el cambio conceptual (Perkins, 1995; Pozo, 1998).

La comprensión implica traducir o asimilar una información nueva a los conocimientos previos, así el aprendizaje requiere que se activen estructuras de conocimiento previas a las cuales poder asimilar la nueva información. Pero, “la asimilación de esa información nueva tiende a producir cambios en esas estructuras de conocimiento, generando conceptos más específicos por procesos de diferenciación o principios más generales, a través de los procesos de generalización” (Perkins, 1995). “Comprender es pensar con lo sabido y aplicarlo con flexibilidad en el mundo (...). No es simplemente tener conocimientos, como muchas veces se cree, sino tener la habilidad de pensar con lo que se sabe y poder aplicarlo flexiblemente en el mundo. Entendemos la comprensión como una habilidad para desempeñarse con el conocimiento que se tiene” (Stone Wiske, 2007).

Sin embargo, a veces la comprensión o asimilación de una nueva información no es posible porque el estudiante no dispone de conocimientos previos relevantes o los que activa no son los apropiados y en ese caso, *cuando no existen conocimientos previos adecuados se requiere un verdadero cambio conceptual* y no tan solo la comprensión de un concepto.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

En esta línea de investigación se busca definir un marco teórico que sustente el diseño y la evaluación de los STI, presentando las diferentes visiones existentes acerca de los diseños y desarrollos, delineando un marco teórico general con base en la ingeniería de software, los sistemas inteligentes, la psicología cognitiva y las ciencias de la educación y elaborando una extensión metodológica específica que cautele los aspectos inherentes para el diseño de STI orientados al tutorizado. En este contexto se ha trabajado en los aspectos metodológicos de diseño (Cataldi, 2004), en proponer una arquitectura de STI (Salgueiro *et al*, 2005c), en identificar modelos del estudiante (Costa *et al*, 2005; Cataldi *et al*, 2007) y de selección del tutorizado (Cataldi *et al*, 2005), se ha investigado en el uso de redes neuronales para selección del protocolo pedagógico (Salgueiro *et al*, 2005a; 2005b; Cataldi *et al*, 2006; Cataldi *et al*, 2007), Cataldi y Lage 2009.

4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

La producción del grupo de investigación se plasma en comunicaciones a eventos y artículos (Cataldi *et al*. (2004, 2005, 2006, 2007a,b y 2009), formación de los investigadores y tecnólogos participantes en el proyecto (Fernando Salgueiro, Guido Costa) y dos tesis de grado finalizadas (Ing. Fernando Salgueiro y Lic. Arnaldo Odorico), cuatro tesis de grado en curso (María Paz Colla, Nancy Szyszco, Mónica Mollo, Adriana Barbella) y una tesis de Maestría en finalizada (Ing. Martín Valiente) y otras dos en curso

(Ing. Octavio Rodríguez Angulo e Ing. Sebastián Carnotta) y una tesis doctoral en curso (MD. Oscar Bruno).

5. BIBLIOGRAFIA

- Bruner, J. (1991). *Actos de significado. Más allá de la revolución cognitiva*. Alianza. Madrid. 2002.
- Cataldi, Z. (2004). Metodología para diseño y evaluación de sistemas tutores inteligentes Plan de Tesis de Doctorado en Ciencias Informáticas. Facultad de informática UNLP.
- Cataldi, Z., Salgueiro, F., Lage, F. y García-Martínez, R. (2005) *Sistemas Tutores Inteligentes. Los Estilos del Estudiante para Selección del Tutorizado*. Proceedings del VII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. WICC 2005. Pág. 66-70. 2005.
- Cataldi, Z., Salgueiro, F., Britos, P., Sierra, E. Y García Martínez, R. (2006). *Selecting Pedagogical Protocols using SOM*. Research in Computing Science Journal, 21: 205-214.
- Cataldi, Z. y Lage, F. (2007a). *El problema del modelado del estudiante en Sistemas Tutores Inteligentes*. II Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. TE&ET'07. 12-15 de junio. Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata.
- Cataldi, Z.; Salgueiro, F. Y Lage, F. (2007b). *Fundamentos para el Submódulo Evaluador en Sistemas Tutores Inteligentes: Diagnóstico, predicción y autoevaluación*. CACIC 2007. 1-5 de octubre. Universidad Nacional del Nordeste Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Corrientes y Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Resistencia.
- Cataldi, Z. y Lage, Fernando J. (2009). *Sistemas tutores inteligentes orientados a la enseñanza para la comprensión Edutec-E Revista Electrónica de Tecnología Educativa*. Núm. 28, marzo. ISSN 1135-9250
- Costa, G.; Salgueiro, F. A., Cataldi, Z., García Martínez, R. Y Lage, F. J. 2005. *Sistemas inteligentes para el modelado del estudiante* Proc. GCETE'2005, CD. marzo 13-15.
- Davis, L. (1991). *Handbook of Genetic Algorithms*. New York. Van Nostrand Reinhold.
- Falkenauer, E. (1999). *Evolutionary Algorithms: Applying Genetic Algorithms to Real-World Problems*. Springer, New York, Pag 65-88.
- Gardner, H (1993). *Inteligencias Múltiples: La teoría en la práctica*. Paidós. Barcelona, Buenos Aires, México.
- Gardner, H (2001) *La inteligencia reformulada: las inteligencias múltiples en el siglo XXI*. Barcelona. Paidós.
- Gardner, H. (2000) *La educación de la mente y el conocimiento de las disciplinas*, Paidós.
- genesereth, M. and Nilsson, N. (1987) *Logical Foundations of Artificial Intelligence*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Giraffa, L.M.M.; Nunes, M. A.; Viccari, R.M. (1997) *Multi-Ecological: an Learning Environment using Multi-Agent architecture*. Proc. MASTA'97: Coimbra: DE-Universidade de Coimbra.
- Haykin, S. (1999). *Neural Networks: A comprehensive foundation*. Prentice Hall 2nd. edition.
- ISO 11064-1 (2000) *Diseño ergonómico de los centros de control*.
- ISO 9241 (1996) *Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PVD)*
- Kohonen, T. (1988). *Self-Organizing Maps Springer Series in Information Sciences*. Vol. 30, Springer, Berlin, Heidelberg, NY. P. 236.
- Kohonen, T. (1998). *An introduction to neural computing. Neural networks*. Vol 1. p. 3-16.
- Kohonen, T. (2001). *Self-Organizing Maps, third edition. Springer series in informarion sciences*. Ed. Springer. Helsinki University of Technology Neural Networks Research Centre 286-310. Pitman, London.
- Millán, E. (2000) *Sistema bayesiano para modelado del alumno*. Tesis Doctoral Universidad de Málaga.
- Nilsson, N. (1998) *Artificial Intelligence: A New Synthesis*. Morgan Kaufmann Publishers.
- Perkins, D. (1995) *La escuela inteligente*. Gedisa.
- Piaget, J. (1978) *La Equilibración de las Estructuras Cognitivas*, Madrid, Ed. Siglo XXI.
- Pozo, J. I. (1998). *Aprendices y maestros*. Alianza
- Russell, S. J. Y Norvig, P. (2003). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (2nd Edition). Prentice Hall.
- Salgueiro, F. (2005). *Sistemas Inteligentes para el Modelado del Tutor*. Tesis de Grado en Ingeniería Informática. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires.
- Salgueiro, F. A, Costa, G., Cataldi, Z., García Martínez, R. Y Lage, F. J. (2005a). *Sistemas inteligentes para el modelado del tutor*. GCETE'2005, Global Congress on Engineering and Technology Education. marzo 13-15.
- Salgueiro, F., Cataldi, F., Lage, F., García-Martínez, R. (2005) *Sistemas Tutores Inteligentes: Redes Neuronales para Selección del Protocolo Pedagógico*. Proceedings del IV Workshop de Tecnología Informática Aplicada en Educación del X Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. Pág. 255-266.
- Salgueiro, F., Cataldi, Z., García-Martínez, R. (2005a). *Los Estilos Pedagógicos en el Modelado del Tutor para Sistemas Tutores Inteligentes*. Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales 2(4):70-79
- Salgueiro, F., Costa, G., Cataldi, Z., Lage, F. García-Martínez, R. (2005b). *Nuevo Enfoque Metodológico para el Diseño de los Sistemas Tutores Inteligentes un Acercamiento Distribuido*. Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales 2(5):25-32
- Salgueiro, F., Costa, G., Cataldi, Z., Lage, F. Y García-Martínez, R. (2005c). *Redefinition of Basic Modules of an Intelligent Tutoring System: The Tutor Module*. Proceedings del VII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. Pág. 444-448.
- Salgueiro, F; Costa, G., Cataldi, Z., Lage, F., García-Martínez, R. (2005b). *Redefinition of basic modules of an intelligent tutoring system: the tutor module*. WICC 2005. 13 y 14 de mayo. UN de Río Cuarto. Córdoba.
- Smith, S. Y Mosier, J. (1996) *Guidelines for Designing User Interface Software*, Ma, MITRE Corp.
- Stone Wiske, M. (2007A) Conferencia *Enseñar para la comprensión con nuevas tecnologías*. Universidad de San Andrés. 8 de mayo.
- Stone Wiske, M. (2007b) Entrevista Clarín 27 mayo
- Vanlehn, K (1988). Student Modelling. M. Polson. Foundations of Intelligent Tutoring systems. Hillsdale. N.J. Lawrence Erlbaum Associates, 55-78
- Vygotsky, L. (1978) *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*, Harvard University Press.
- Wolf, B. (1984). Context Dependent Planning in a Machine Tutor. Ph.D. Dissertation, University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts.